

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-318832

(43)Date of publication of application : 12.12.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/16  
 G02B 5/18  
 G02B 6/00  
 G02B 6/10  
 G02F 1/01  
 H01S 3/07  
 H01S 3/098  
 H01S 3/10  
 H01S 3/18

(21)Application number : 08-131953

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 27.05.1996

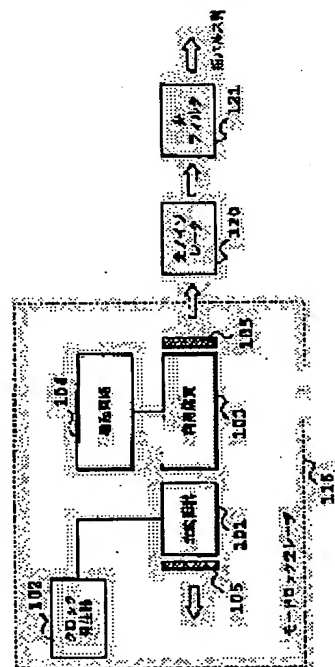
(72)Inventor : TSUDA HIROYUKI  
 HIRANO AKIRA  
 KATAOKA TOMOYOSHI  
 SANO AKIHIDE  
 HAGIMOTO KAZUO

## (54) SHORT PULSE LIGHT SOURCE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a short pulse light source outputting a desired light waveform which is stable in light waveform(pulse width) by providing a wavelength filter transmitting or reflecting output light from a mode locked laser.

**SOLUTION:** This light source is equipped with the wavelength filter 121 transmitting light outputted from the mode lock type laser 116 including an optical modulator 101, a gain medium 103 and an optical resonator consisting of two mirrors 105 and 105 interposing them in between, an excitation circuit 104 exciting the medium 103 and a clock generator 102 inputting a clock signal in the modulator 101. Since optical spectrum is mainly decided by the transmission spectrum of the filter 121, the output waveform of the short pulse light source is hardly changed even when the light waveform of the laser 116 is somewhat changed. For the mode locked laser 116, such as one having the optical resonator in ring constitution or a mode locked semiconductor laser may be used.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3444464

[Date of registration] 27.06.2003

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-318832

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 2 B 6/16			G 0 2 B 6/16	
			5/18	
	3 0 6		6/00	3 0 6
			6/10	C
G 0 2 F 1/01			G 0 2 F 1/01	F
審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 13 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-131953

(22) 出願日 平成8年(1996)5月27日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 津田 裕之

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 平野 章

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 片岡 智由

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

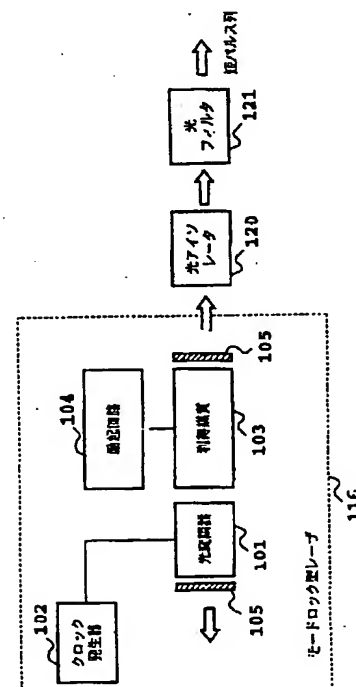
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 短パルス光源

(57) 【要約】

【課題】 パルス幅の安定した所望の光波形を出力する短パルス光源を実現する。

【解決手段】 光共振器および共振器内に配置された光利得媒質および共振器内に配置されたモードロック変調器から構成されるモードロック型レーザを用いた短パルス光源である。この短パルス光源はモードロック型レーザの出力光を透過または反射する波長フィルタを具備している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光共振器および共振器内に配置された光利得媒質および共振器内に配置されたモードロック変調器から構成されるモードロック型レーザを用いた短パルス光源において、

前記モードロック型レーザの出力光を透過または反射する波長フィルタを具備したことを特徴とする短パルス光源。

【請求項2】 前記波長フィルタの透過帯域の半値全幅が前記モードロック型レーザの光スペクトルの包絡線の半値全幅以下であることを特徴とする請求項1に記載の短パルス光源。

【請求項3】 前記波長フィルタの中心周波数の前記モードロック型レーザの出力スペクトル中の最大強度のモード周波数に対する離調が、前記出力スペクトルの包絡線半値全幅の3倍以内であることを特徴とする請求項1または2に記載の短パルス光源。

【請求項4】 複数の波長フィルタを具備することを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の短パルス光源。

【請求項5】 前記波長フィルタが透過中心波長が可変である波長フィルタであり、  
前記波長フィルタの光出力強度を測定する光出力強度測定手段と、

前記可変波長フィルタの透過波長を制御するフィルタ制御手段とを具備することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の短パルス光源。

【請求項6】 前記波長フィルタからの出力光パルスのパルス形状を測定するパルス形状測定手段と、  
前記可変波長フィルタの透過波長を制御するフィルタ制御手段とを具備することを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の短パルス光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、短光パルス列を発生する短パルス光源に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来の技術を図4に示す。ここで、201は光変調器、202はクロック発生器、203は利得媒質、204は励起回路、205はミラーであり、モードロック型レーザを構成している。2個のミラー205より構成される光共振器の共振モード間隔にほぼ等しい周波数（あるいはそのほぼ整数倍の周波数）のクロックにより光変調器201を駆動するとクロック周波数（あるいは整数倍の周波数）の光短パルス列を発生できることは公知の事実である。また、光共振器構成をリンク構成とした別の従来技術を図5に示す。ここで、206は光カップラ、207は希土類ドープファイバ、208はWDMカップラ、209は励起光源、210は光終端器（反射を極力抑えた終端器）、211は光アイソレー

タ、212は光フィルタ、213は光変調器、214はクロック発生器、215は光ファイバ（207とは融着接続されている）である。この従来の技術においても、リング光共振器の共振モード間隔にほぼ等しい周波数（あるいはそのほぼ整数倍の周波数）のクロックにより光変調器213を駆動するとクロック周波数（あるいは整数倍の周波数）の光短パルス列を発生できることは公知の事実である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の技術には以下のような問題点があった。

【0004】（1）モードロック型レーザ構成の設計で光波形（パルス幅）を設計することがほぼ不可能である。これは、モードロック型レーザから発生される光パルス波形（パルス幅）は利得媒質の利得スペクトル、共振器の共振特性を反映して決定されるが、レーザの動作は非線形な多モードのファンデルポール方程式で記述されていて多くのパラメータを含み、解析が極めて困難であるからである。このため、モードロック型レーザは、実測しない限り光パルス波形（パルス幅）が分からず、多数のモードロック型レーザを製作し適当なものを選択する必要があり、実用に供するためには問題があった。

【0005】（2）また、光波形（パルス幅）が動作条件に対して非線形に変動するので光波形（パルス幅）の制御が困難である。

【0006】本発明は、このような背景の下になされたもので、光波形（パルス幅）の安定した所望の光波形（パルス幅）を出力する短パルス光源を得ることを第一の目的とする。また、光波形（パルス幅）の制御の容易な短パルス光源を得ることを第二の目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による短パルス光源は、光共振器および共振器内に配置された光利得媒質および共振器内に配置されたモードロック変調器から構成されるモードロック型レーザを用いた短パルス光源において、前記モードロック型レーザの出力光を透過または反射する波長フィルタを具備したことを特徴とする。

【0008】ここで、前記波長フィルタの透過帯域の半値全幅が前記モードロック型レーザの光スペクトルの包絡線の半値全幅以下であることが好適である。

【0009】前記波長フィルタの中心周波数の前記モードロック型レーザの出力スペクトル中の最大強度のモード周波数に対する離調が、前記出力スペクトルの包絡線半値全幅の3倍以内であるとよい。

【0010】さらに、複数の波長フィルタを具備することが好適である。

【0011】前記波長フィルタが透過中心波長が可変である波長フィルタであり、前記波長フィルタの光出力強度を測定する光出力強度測定手段と、前記可変波長フィ

ルタの透過波長を制御するフィルタ制御手段とを具備するとよい。

【0012】さらに、前記波長フィルタからの出力光パルスのパルス形状を測定するパルス形状測定手段と、前記可変波長フィルタの透過波長を制御するフィルタ制御手段とを具備するとよい。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の短パルス光源の一実施形態は、光変調器と利得媒質およびそれらを挟む二つのミラーからなる光共振器、利得媒質を励起する励起回路および光変調器にクロック信号を入力するクロック発生器を含むモードロック型レーザの出力光を透過する波長フィルタを具えている。光スペクトルは主として波長フィルタの透過スペクトルによって決定されるので、モードロック型レーザの光波形が多少変化しても短パルス光源の出力波形はほとんど変化しない。モードロック型レーザは光共振器の構成をリング構成としたモードロック型レーザでもよく、あるいはモードロック型半導体レーザでもよい。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を説明する。

【0015】図1に本発明の第1の実施例を示す。初めに実施例の構成について説明する。ここで、101は光変調器、102はクロック発生器、103は利得媒質、104は励起回路、105はミラーでこの部分はモードロック型レーザ(116)を構成している。120は光アイソレータ、121は光フィルタ(波長フィルタ)である。

【0016】あるいは、図2に示すように、モードロック型レーザ116の代わりにリング構成モードロック型レーザ(117)を用いても良い。ここで、106は光カップラ、107は希土類ドープファバ、108はWDMカップラ、109は励起光源、110は光終端器、111は光アイソレータ、112は光フィルタ、113は光変調器、114はクロック発生器、115は光ファイバである。

【0017】また、図3に示すように、モードロック型半導体レーザ(118)を用いることもできる。ここで、122はレンズ、130は電極、131はオーミック合金層、132はn-InP基板、133はフォトルミネッセンス波長が $1.49\mu\text{m}$ のInGaAsP-歪みMQW層、134はInP層、135はフォトルミネッセンス波長が $1.57\mu\text{m}$ のInGaAsP-歪みMQW層、136はポリイミド、137はn-InP層、138はn-InPクラッド層、139はn'-InGaAsPコンタクト層、140A、140Bは電極、141は分離溝でコンタクト層とクラッド層の一部が削り取られている。電極140Aには図示しないクロック発生器102からクロック信号が入力され、電極140

B、130には図示しない励起回路104から電圧が印加される。高周波で駆動する側の端面には高反射コーティングがされている。モードロック型半導体レーザは、光共振器が小型なのでクロック周波数と光共振器のモード間隔を一致させて駆動できるのでジッタが少なく比較的安定に短光パルス列を出力することができる。モードロック型半導体レーザ118の出力光は、図1および図2に示した例と同様に光アイソレータ120を通して光フィルタ121に導かれる。InP半導体をベースとする構成を示したが、GaAs系など他の半導体をベースとする構成でも良いことは言うまでもない。また、MQWとしてInGaAs/InAlAs、InP/InGaAsP、GaAs/AlGaAs等他のMQWを用いても良いことは言うまでもない。

【0018】光アイソレータ120は光フィルタ121からの反射戻り光によりモードロック型レーザの動作が不安定にならないように挿入される。また、モードロック型半導体レーザとして共振器構造がファブリペロー型の構成を示したが、DBR型、DFB型、リング型の共振器構造を用いても良いことは言うまでもない。

【0019】次に実施例の動作について説明する。

【0020】従来の技術の項で述べたように素子設計段階でモードロック型レーザの光出力波形(パルス幅)を決定することはできない。しかしながら、動作条件を選べば各モードの位相関係を揃えて、トランスフォームリミテッドないしほぼトランスフォームリミテッドとみなせる光出力波形(パルス幅)を得ることが可能である。光電界(振幅、位相)と光周波数(振幅、位相)は互いにフーリエ変換の関係で結びついているが、一般には光出力波形(パルス幅)と光スペクトルは1:1に対応しない。特別な場合として、トランスフォームリミテッドな光出力波形の場合は、光電界に位相変調がかかっていないので光出力波形(パルス幅)と光スペクトルはフーリエ変換で結びつけられ、1:1に対応する。この場合には光スペクトルを周波数領域で制御するとこれに対応して光出力波形(パルス幅)を制御することが可能である。モードロック型レーザが完全にトランスフォームリミテッドでない場合には、不完全さに応じて光スペクトルの制御に対する光出力波形(パルス幅)の制御性が低下する。

【0021】図6にモードロック型レーザの出力光の光スペクトルの一例を示す。ここで、 $\Delta f_m$ をモード周波数間隔、 $\Delta f_i$ を光スペクトルの半値全幅、 $m_i$ ( $i = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ )をモード番号(0番を最大モード)とする。 $\Delta f_m$ は、モードロック型レーザのクロック発生器のクロック周波数に等しい。図7に対応する光波形を示す。 $t_r$ は繰り返し周期で $\Delta f_m$ の逆数、 $\Delta t$ はパルス幅である。トランスフォームリミテッドで光波形が $\text{sech}^2$ 型である場合、 $\Delta t$ と $\Delta f_i$ は次式を満たす。

【0022】

$$\Delta t \times \Delta f_s = 0.315$$

すなわち、 $\Delta f_s$  を制御することで  $\Delta t$  を制御することができる。

【0023】図8に同じ光パルス列を光フィルタを通した場合の、パルス幅の光フィルタ半値幅依存性を示す。 $\Delta f_s$  は160GHzと仮定している。このとき、光フィルタの中心周波数は光スペクトルの中心周波数と一致しているとする。光フィルタの半値全幅が光スペクトルの半値全幅より大きい場合、フィルタ透過に際して光スペクトルがほとんど変化しないので光波形（パルス幅）も変化が小さい。光フィルタの半値全幅が光スペクトル

$$\Delta t \times \Delta f_s > 0.315$$

となり、同じスペクトル形状が必ずしも同じ光波形（パルス幅）には対応することはない。しかしながら、モードロック型レーザの光出力の光スペクトルを操作することである程度光波形（パルス幅）を制御することが可能である。また、この場合にも、光波形（パルス幅）は主として光フィルタにより決定される。このため、モードロック型レーザの光波形が多少変化しても本実施例の短パルス光源の出力波形はほとんど変化しない。

【0025】図9には $\Delta f_s$  が66GHz、 $\Delta f_s$  が19.1GHz、パルス幅が7.1psの半導体モードロック型レーザの出力光を光フィルタを透過させた後のパルス幅を（○印）示す。実線がトランスフォームリミテッドの場合の理論曲線である。出力光はトランスフォームリミテッドではないが、フィルタを透過させることでパルス幅を7.1ps（フィルタ無し）から10.0psまで制御することができた。

【0026】本実施例の構成では、上記の動作の仕組みに鑑み、光フィルタの透過帯域の半値全幅はモードロック型レーザの光スペクトルの半値全幅より小さく設定される。光フィルタとしては誘電体多層膜を用いた干渉フィルタを用いている。ファイバ中にファブリペロー型の共振器を構成したフィルタ、ロッドレンズ内にファブリペロー型の共振器を構成したフィルタなど、同様のローレンツ型の透過特性を持つフィルタを用いることができることは言うまでもない。

【0027】本発明の第2の実施例を図10および図11に示す。

【0028】光ファイバ中にグレーティングを形成したファイバグレーティング502を波長フィルタとして用いた点が第1の実施例と異なる。ファイバグレーティングを用いると干渉フィルタよりも反射（透過）スペクトルが矩形に近い。このため、短パルス光源の光スペクトル（すなわち光波形）はモードロック型レーザの光スペクトルよりも光フィルタの反射（透過）スペクトルで決定される。以上の理由でモードロック型レーザの光出力変動を押さえる観点からはファイバグレーティングの方が望ましい。しかしながら、構成はやや複雑になる。図

【数1】

(1)

の半値全幅より小さい場合、光スペクトルは主として光フィルタの透過スペクトルによって決定されるので光波形（パルス幅）は大きく広がる。光波形（パルス幅）は主として光フィルタにより決定される。このため、モードロック型レーザの光波形が多少変化しても本実施例の短パルス光源の出力波形はほとんど変化しない。モードロック型レーザの光出力がトランスフォームリミテッドになっていない場合、(1)式は、

【0024】

【数2】

(2)

10(a)に示したのは反射型の構成で、500は図1、図2または図3に示したモードロック型レーザであり、光サーキュレータ501でファイバグレーティング502からの反射光を取り出す構成である。図10(b)にファイバグレーティング502の反射率の周波数特性を示す。

【0029】図11(a)に示したのは透過型の構成で不必要なスペクトル成分をファイバ外に反射するファイバグレーティング(503, 504)を用いる構成である。図11(b)および図11(c)にファイバグレーティング503およびファイバグレーティング504の透過率の周波数特性を示す。ファイバグレーティング503と504は一体化できることは言うまでもない。また、ファイバグレーティングの個数を3個以上としても良いことは言うまでもない。反射光をファイバ内に出力するファイバグレーティング502と同様のファイバグレーティングを用いる場合には、ファイバグレーティング間にさらに別の光アイソレータを挿入する。また、光アイソレータの性能が高いものを用いる必要がある。

【0030】本発明の第3の実施例はフィルタの透過（反射）帯域の中心周波数をモードロック型レーザの中心周波数（最大モードの周波数）から離調した短パルス光源である。この場合、最大のモードが抑圧されるので光スペクトルの包絡線の半値全幅が増大する。すなわち、モードロック型レーザの光出力のパルス幅を制御するだけでなく、さらに低減することが可能である。

【0031】図12に前述のモードロック型レーザ( $\Delta f_s$  が66GHz、 $\Delta f_s$  が19.1GHzが7.1psの半導体モードロック型レーザ)の出力光を半値全幅が51GHzのフィルタを透過させた場合のパルス幅の離調依存性を測定した結果を示す。測定結果が示すように元々のパルス幅(7.1ps)よりも短いパルスを得ることが可能である。出力スペクトル中の最大強度のモード周波数に対する離調は通常出力スペクトルの包絡線半値全幅の2倍以内設定される。例えば、スペクトルの包絡線形状がローレンツ型であれば、包絡線半値全幅の3倍の離調における包絡線上のスペクトル強度はピーク

スペクトル強度の値よりも約16dB低い。波長1.5 $\mu$ m帯において光増幅器を用いて増幅する場合にS/Nの観点から1ビット当たり1fJ程度の光強度が必要である。離調を3倍以内にしなければならない理由は、一般に半導体レーザのファイバ光出力は1mWであるので、20GHzの信号に対して1ビット当りのエネルギーは50fJなので、フィルタによる損失はS/N制限に近づき、短パルス光の品質が悪くなるからである。また、中心から離れているモードはレーザ内の非線形効果、分散等により十分に位相関係が揃っていない場合があるため、短パルス光がモードロック状態とならなくなるからである。

【0032】本発明の第4の実施例を図13に示す。本実施例の特徴は複数のファブリペロー型光フィルタを用いる点である。ここで、700は図1、図2または図3に示したモードロック型レーザであり、701は光アイソレータ、702は光フィルタ、703は光フィルタである。この場合には以下のような利点がある。第1に1段のフィルタでは不可能な狭帯域の透過特性、あるいは矩形に近い透過特性を得ることができる点である。これは、ファブリペロー型光フィルタの透過特性の半値幅および最大透過率はある程度素子設計で可変であるが、透過スペクトルの関数型は設計パラメータで変更できないからである。また、同じ半値幅を得るために一つのフィルタで構成するよりも多段に構成する方が要求されるミラーの反射率、基板精度等が緩和されるからである。第2の利点は複数のフィルタの中心波長・帯域を適当に設定してモードロック型の光スペクトルの加工を柔軟に行うことが可能であることである。すなわち、光出力波形（パルス幅）の制御性が高まる。反射が大きいフィルタを用いる場合には光フィルタ702と703の間にも光アイソレータが挿入される。また、同一フィルタ内に複数のファブリペロー型共振器を構成する多数キャビティ型のフィルタを用いても良いことは言うまでもない。

【0033】本発明の第5の実施例を図14および図15に示す。本実施例では少なくとも1台の光フィルタを可変波長光フィルタとしたことを特徴とする短パルス光源である。図14に示す構成では可変波長フィルタの離調を制御することでパルス幅を制御する構成である。800は図1、図2または図3に示したモードロック型レーザであり、801は光アイソレータ、802が可変波長フィルタ、804が可変波長フィルタ制御装置である。図15(a)に示す構成では二つの可変波長フィルタ802、803を用いることで出力スペクトルの中心周波数を一定に保つ構成である。二つの可変波長フィルタの中心周波数は、図15(b)に示すように、モードロック型レーザの中心周波数から中心周波数より低い側と高い側に同じだけ離調( $\Delta f_c$ )するように制御される。モードロック型レーザの光スペクトルが非対称の場合は、それに応じて出力スペクトルが対称になるように

するため、二つの可変波長フィルタの離調は異なる。一つのフィルタしか使用しない場合に比較して、モードロック型の光スペクトルの中心部分を有効に用いることができるので、同じ光スペクトル幅を得る場合でもS/Nを高くすることが可能である。また、出力光スペクトルも一定以上のS/Nを得る条件で広くすることが可能で、一層の短パルス化が可能である。

【0034】本発明の第6の実施例を図16に示す。本実施例では可変波長光フィルタの透過光出力を常に最大に保つように可変波長フィルタの中心周波数が制御される。ここで、900は図1、図2または図3に示したモードロック型レーザであり、901は光アイソレータ、902は可変波長フィルタ、903は光分岐素子、904は光パワーメータ、905は可変波長フィルタ制御装置である。具体的な制御方法としては、遅い周波数(〜Hz)で微小にフィルタの中心周波数を変調して光パワーメータからの光出力強度変動をロックイン検出し、変動が最小になるようにフィルタの中心周波数を制御する。この構成では、モードロック型レーザの光出力の変動に対する短パルス光源の光出力波形（パルス幅）変動をさらに低減することが可能である。

【0035】本発明の第7の実施例を図17に示す。本実施例は第5の実施例にパルス幅測定手段を付加したものである。ここで、1000は図1、図2または図3に示したモードロック型レーザであり、1001は光アイソレータ、1002および1003は可変波長フィルタ、1004は光分岐素子、1005はオートコリレータ（自己相関波形計測装置：パルス幅が非同期で測定可能な装置）、1006はフィルタ制御装置である。本実施例では、パルス幅を常時測定し、パルス幅の変動が最小になるように可変波長フィルタが制御される。第6の実施例と異なるのは直接にパルス幅を測定するので、短パルスがトランスフォームリミテッドでない場合にも、所望のパルス幅の短パルス列を安定に得ることが可能である点である。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、所望の光波形（パルス幅）の短光パルス列を発生することが可能である。また、内蔵されるモードロック型レーザの変動に対して耐力のある短パルス光源である。さらに、半導体モードロック型レーザを用いれば小型にモジュール化できるため、取扱も容易となるとともに、他の装置への組み込みも可能となるなどの利点があり、高速の光信号処理装置、伝送装置等に使用することができ

る。

【0037】短パルス光源を伝送装置の光源に用いる場合、パルス幅が変化すると伝送路中での非線形効果によるパルス形状の変化の度合いも変化する。すなわち、パルス幅の変化によって波形の変化が生じて伝送システムの設計のマージンが減少する。本発明により安定なパル

ス幅の光源を構成すれば、伝送システムの設計が容易になり、超大容量・超スパンの伝送システムを構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のモードロック型レーザを用いた第1の実施例の説明図である。

【図2】本発明のリング構成モードロック型レーザを用いた第1の実施例の説明図である。

【図3】本発明のモードロック型半導体レーザを用いた第1の実施例の説明図である。

【図4】従来技術の説明図である。

【図5】従来技術の説明図である。

【図6】本発明の第1の実施例の説明図である。

【図7】本発明の第1の実施例の説明図である。

【図8】本発明の第1の実施例の説明図である。

【図9】パルス幅の光フィルタ半値全幅依存性測定結果を示す特性図である。

【図10】本発明の第2の実施例の説明図である。

【図11】本発明の第2の実施例の説明図である。

【図12】パルス幅の光フィルタ離調依存性測定結果を示す特性図である。

【図13】本発明の第4の実施例の説明図である。

【図14】本発明の第5の実施例の説明図である。

【図15】本発明の第5の実施例の説明図である。

【図16】本発明の第6の実施例の説明図である。

【図17】本発明の第7の実施例の説明図である。

【符号の説明】

101 光変調器  
102 クロック発生器  
103 利得媒質  
104 励起回路  
105 ミラー  
106 光カップラ  
107 希土類ドープファイバ  
108 WDMカップラ  
109 励起光源  
110 光終端器  
111 光アイソレータ  
112 光フィルタ  
113 光変調器  
114 クロック発生器  
115 光ファイバ  
116 モードロック型レーザ  
117 リング構成モードロック型レーザ  
118 モードロック型半導体レーザ  
120 光アイソレータ  
121 光フィルタ  
122 レンズ  
130 電極  
131 オーミック合金層

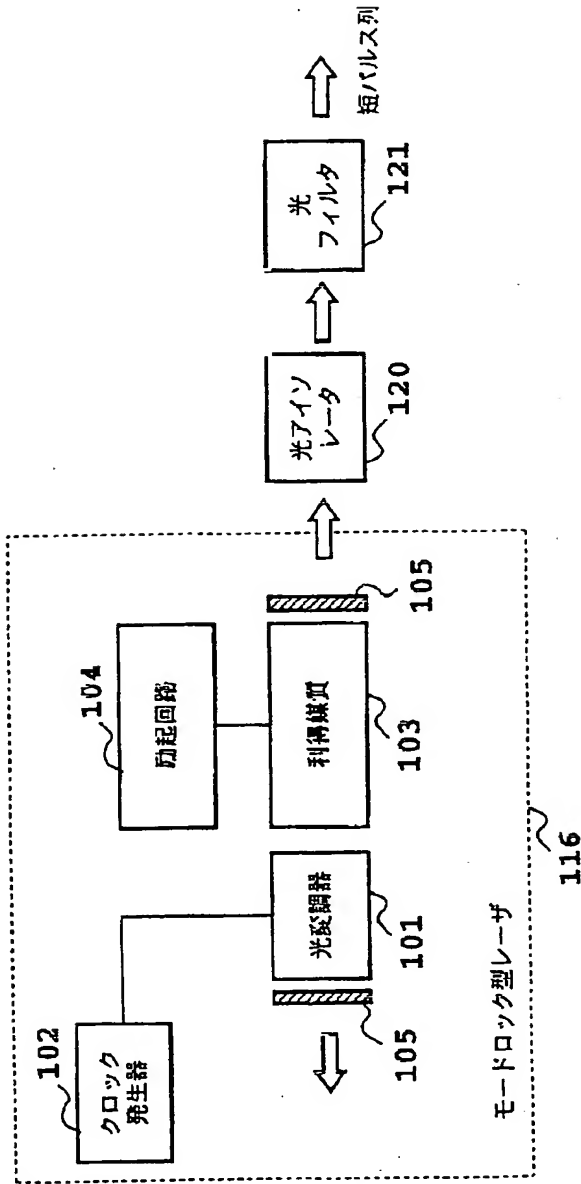
132 n-InP基板  
133 InGaAsP-歪みMQW層  
134 InP層  
135 InGaAsP-歪みMQW層  
136 ポリイミド  
137 n-InP層  
138 n-InPクラッド層  
139 n<sup>+</sup>-InGaAsPコンタクト層  
140 電極  
141 分離溝  
201 光変調器  
202 クロック発生器  
203 利得媒質  
204 励起回路  
205 ミラー  
206 光カップラ  
207 希土類ドープファイバ  
208 WDMカップラ  
209 励起光源  
210 光終端器  
211 光アイソレータ  
212 光フィルタ  
213 光変調器  
214 クロック発生器  
215 光ファイバ  
500 モードロック型レーザ  
501 光サーキュレータ  
502 ファイバグレーティング  
503 ファイバグレーティング  
504 ファイバグレーティング  
700 モードロック型レーザ  
701 光アイソレータ  
702 光フィルタ  
703 光フィルタ  
800 モードロック型レーザ  
801 光アイソレータ  
802 可変波長フィルタ  
803 可変波長フィルタ  
804 可変波長フィルタ制御装置  
900 モードロック型レーザ  
901 光アイソレータ  
902 可変波長フィルタ  
903 光分岐素子  
904 光パワーメータ  
905 可変波長フィルタ制御装置  
1000 モードロック型レーザ  
1001 光アイソレータ  
1002 可変波長フィルタ  
1003 可変波長フィルタ  
1004 光分岐素子



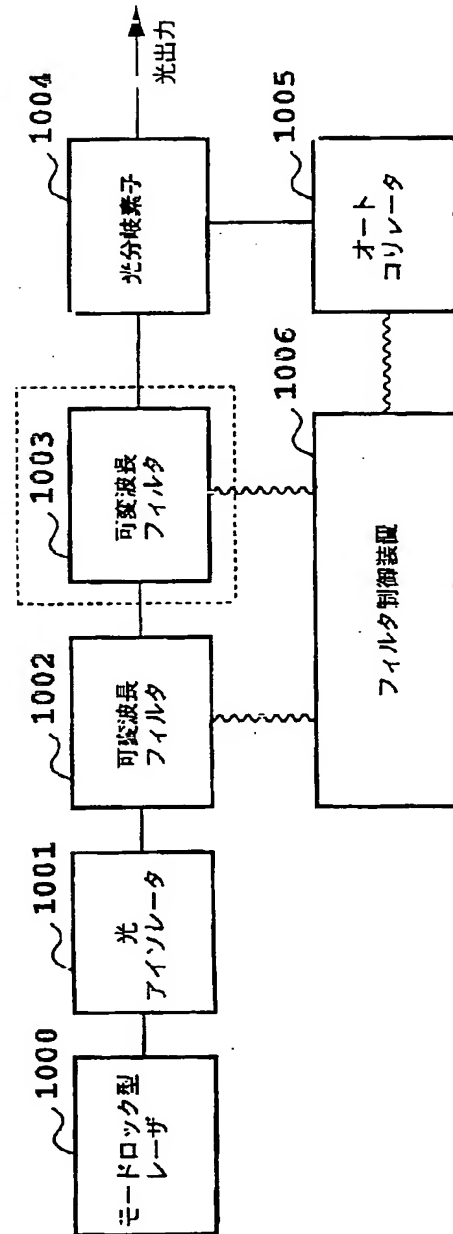
1005 オートコリレータ

1006 フィルタ制御装置

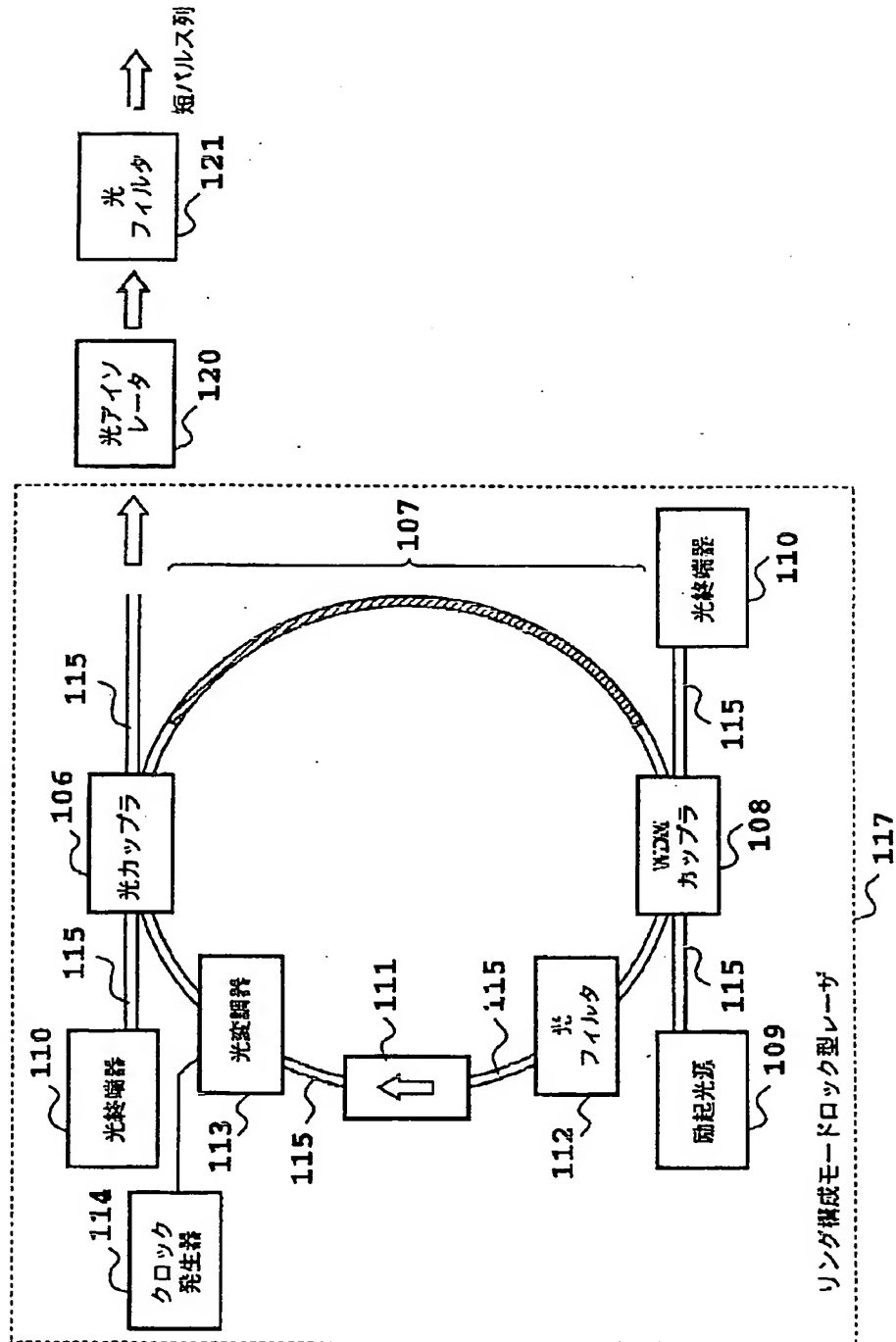
【図1】



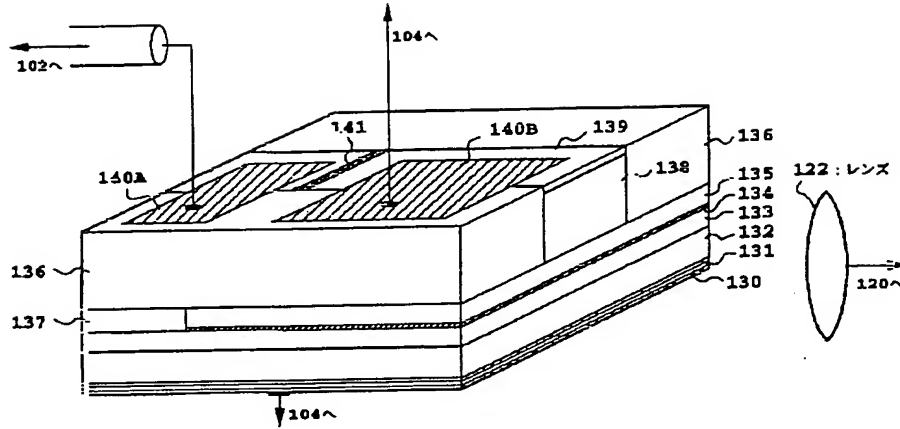
【図17】



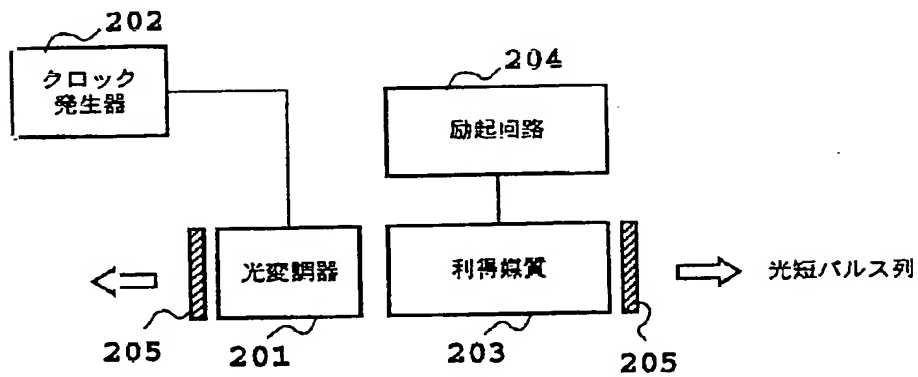
【図2】



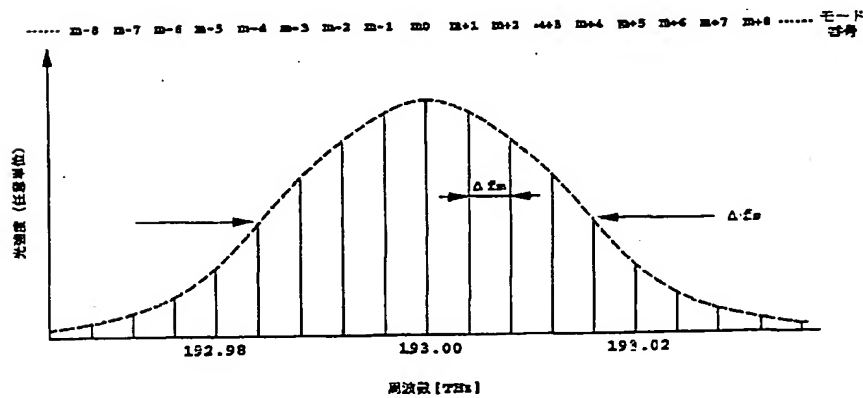
【図3】



【図4】

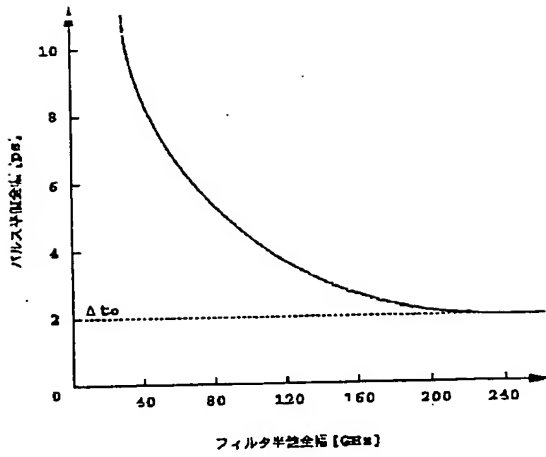


【図6】

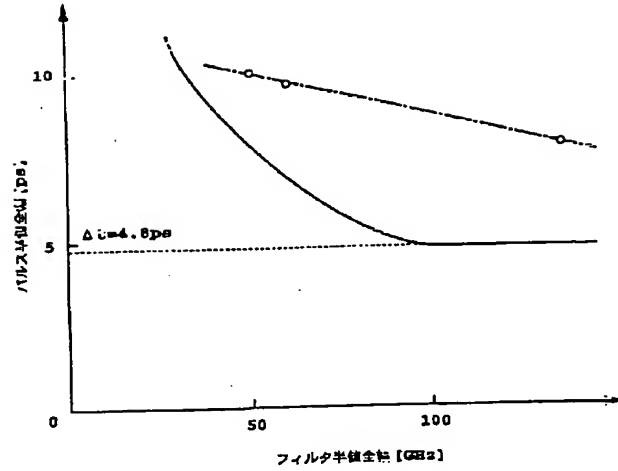




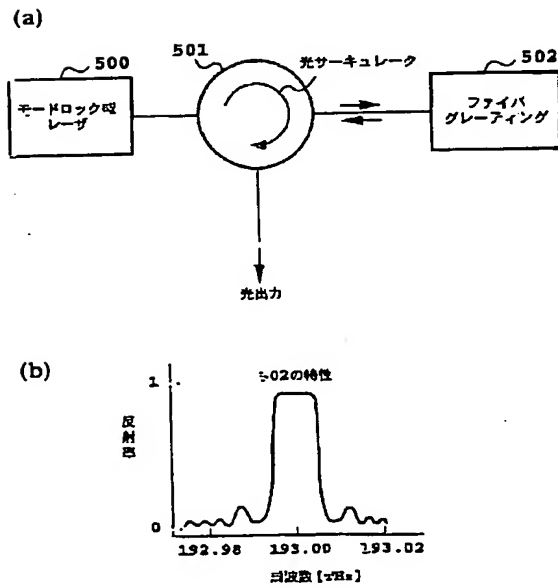
【図8】



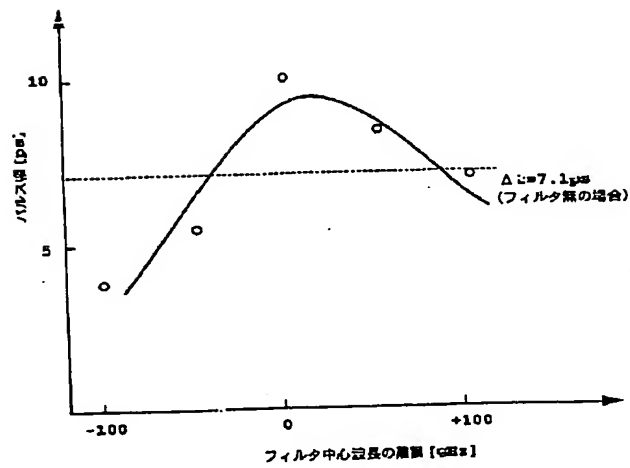
【図9】



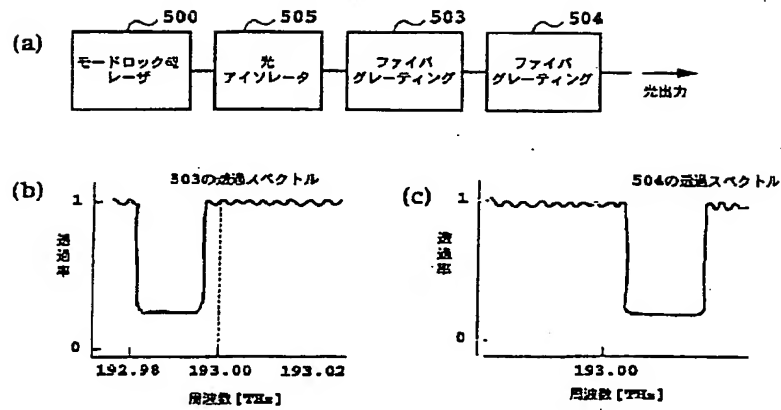
【図10】



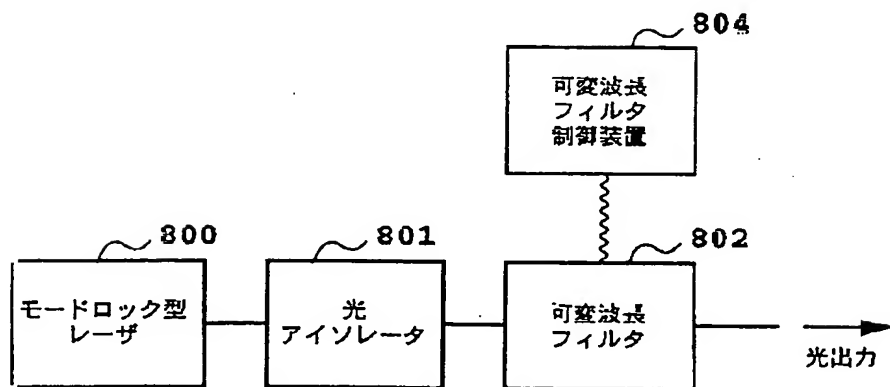
【図12】



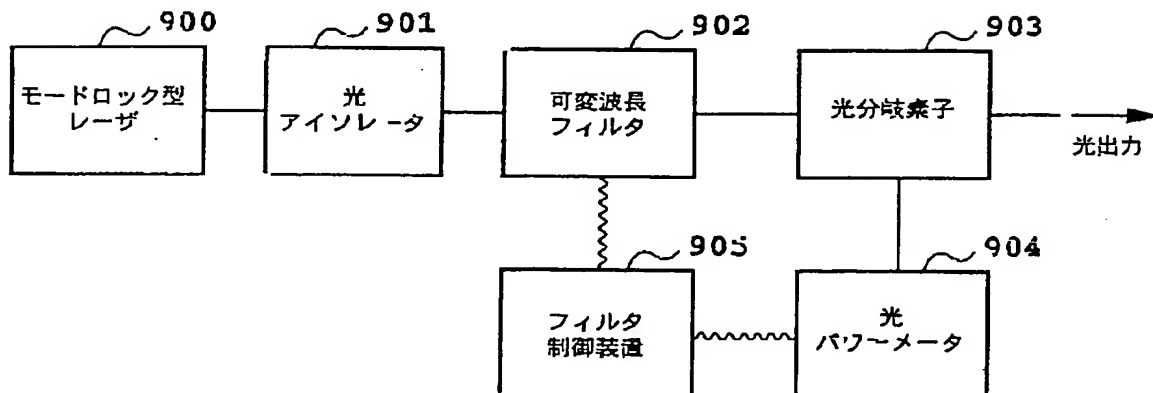
【図11】



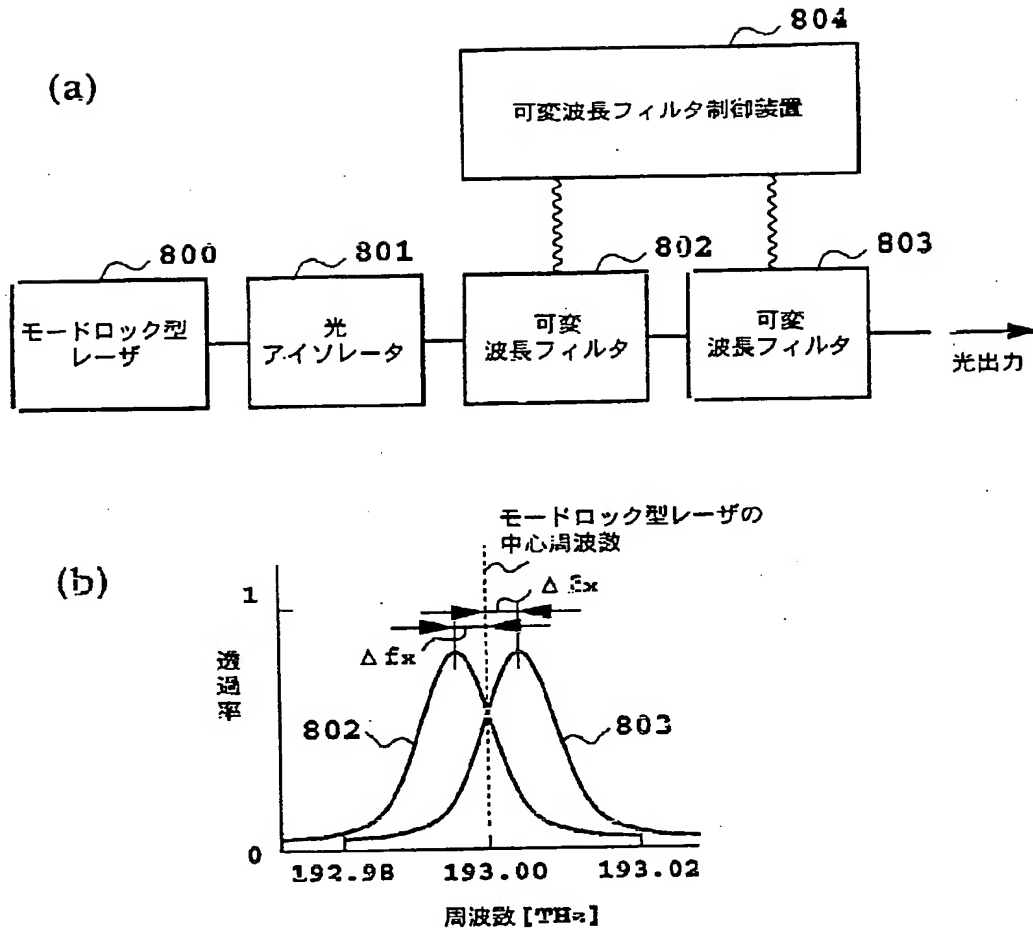
【図14】



【図16】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/07  
3/098  
3/10  
3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

H01S 3/07  
3/098  
3/10  
3/18

技術表示箇所

A

(72)発明者 佐野 明秀  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 萩本 和男  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内